

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Дмитриев Николай Николаевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 18.06.2024 08:49:22

Уникальный программный ключ:

f7c6227919e4cdbfb4d7b682991f8553b37cafb

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

Иркутская государственная сельскохозяйственная академия

Колледж автомобильного транспорта и агротехнологий

В.М. Набока

**Учебно-методическое пособие**

Иркутск

2021

Набока В.М.

Физика.. Учебно-методическое пособие.

Иркутск: Изд-во

ИрГСХА, 2021. - с.

Рекомендовано к печати предметно-цикловой комиссией Колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий (протокол № \_\_ от \_\_\_\_\_ 2021г.).

Рецензент:

Учебно-методическое пособие предназначено для проверки знаний по физике. В работе даны краткие теоретические сведения, требования к выполнению контрольной работы и правила выполнения.

Учебно-методическое пособие подготовлено на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта и программы дисциплины, «Физика», предназначенных для специальностей 36.02.01 Ветеринария, 09.02.07 Информационные системы и программирование в качестве учебно-методического пособия к практическим занятиям и для самостоятельной работы.

© Набока В.М.

© Издательство ИрГАУ, 2021

## **Физика 10-11классы**

### **Механика. Основные формулы**

#### **1. Кинематика**

##### **1.1 Скорость тела**

$v$  — скорость,

$s$  — путь, пройденный телом,

$t$  — промежуток времени, за который пройден путь  $s$ .

##### **1.2 Средняя скорость тела на участке пути**

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t}$$

$v_{\text{cp}}$  — средняя скорость на участке пути,  
 $s$  — длина участка пути,  
 $t$  — промежуток времени, за который пройден участок пути  $s$ .

### 1.3 Средняя скорость при неравномерном движении

$$v_{\text{cp}} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2 + v_3 t_3 + \dots}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots}$$

$v_{\text{cp}}$  — средняя скорость для всего пути,  
 $v_1, v_2, v_3, \dots$  — средние скорости движения на последовательных участках пути,  
 $t_1, t_2, t_3, \dots$  — промежутки времени, в течение которых тело двигалось на соответствующих участках пути.

### 1.4 Ускорение тела

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

$a$  — ускорение,  
 $v_1$  — скорость тела в момент времени  $t_1$ ,  
 $v_2$  — скорость тела в момент времени  $t_2$ ,  
 $t$  — промежуток времени от  $t_1$  до  $t_2$ .

### 1.5 Скорость равномерно-ускоренного движения

$$v = v_0 + at$$

$v$  — скорость,  
 $v_0$  — скорость тела в начальный момент времени,  
 $a$  — ускорение, если:

- 1)  $a > 0$ , равномерно-ускоренное движение;
- 2)  $a < 0$ , равномерно-замедленное движение;

$t$  — промежуток времени, протекший от начального момента времени.

### 1.6 Падение тела без начальной скорости

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{v^2}{2g}$$

$$t = \frac{v}{g} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$h$  — высота, с которой падает тело,  
 $g$  — ускорение свободного падения,  
 $t$  — время свободного падения тела до столкновения с землей,  
 $v$  — скорость тела в момент столкновения с землей.

### 1.7 Тело, брошенное под углом к горизонту

$$h = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g}$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$s = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha$$

$h$  — максимальная высота подъема,

$g$  — ускорение свободного падения,

$t$  — продолжительность полета тела,

$v_0$  — начальная скорость тела,

$s$  — расстояние по горизонтали, пройденное телом за все время движения,

$\alpha$  — угол к горизонту, под которым брошено тело.

### 1.8 Центробежное ускорение

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$a$  — центробежное ускорение,

$v$  — скорость,

$R$  — радиус кривизны траектории.

## 2. Динамика

### 2.1 Второй закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

— равнодействующая всех сил, действующих на тело,

$m$  — масса тела,

— ускорение, получаемое телом под действием силы .

### 2.2 Импульс тела

$\vec{p}$  — импульс тела,

$m$  — масса тела,

$\vec{v}$  — скорость тела.

### 2.3 Закон изменения импульса

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{F}t$$

$m$  — масса тела,

$v$  — скорость,

$v_0$  — скорость тела в начальный момент времени,

— сила, действующая на тело,

$t$  — промежуток времени, в течение которого на тело действует сила

## 2.4 Закон сохранения импульса

$$m\vec{v} + M\vec{V} = mv_0 + MV_0$$

$m, M$  — массы тел,

$\vec{v}, \vec{V}$  — скорости тел после взаимодействия (соударения),

$\vec{v}_0, \vec{V}_0$  — скорости тел до взаимодействия (соударения).

### Основы молекулярно-кинетической теории

- *Относительная молекулярная масса*

Относительная молекулярная (или атомная) масса вещества ( $M_r$ ) — отношение массы молекулы (или атома) ( $m_0$ ) данного вещества к  $1/12$  массы атома углерода ( $m_{0C}$ ).

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} \times m_{0C}}$$

- *Постоянная Авогадро*

Постоянная Авогадро — величина, равная числу молекул в одном моле; определяется числом молекул в 12 граммах углерода.

$$N_A = 6,02 \times 10^{23}$$

СИ: моль<sup>-1</sup>

- *Молярная масса*

Молярная масса ( $M$ ) вещества — это масса вещества, взятого в количестве одного моля и равная произведению массы молекулы ( $m_0$ ) на постоянную Авогадро ( $N_A$ ).

$$M = m_0 \times N_A$$

$$M = M_r \times 10^{-3}$$

СИ: кг/моль

- *Количество вещества*

Количество вещества ( $\nu$ ) равно отношению:

1) числа молекул ( $N$ ) в данном теле к постоянной Авогадро ( $N_A$ ), т.е. к

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

числу молекул в одном моле вещества:

2) массы вещества ( $m$ ) к его молярной массе ( $M$ ):  $v = \frac{m}{M}$

СИ: моль

- Число молекул (атомов)

Число молекул ( $N$ ) любого количества вещества массой ( $m$ ) и молярной

массой ( $M$ ) равно:  $n = N_A \times \frac{m}{M}$

- Концентрация молекул

Концентрация молекул ( $n$ ) — это число молекул ( $N$ ) в единице объёма ( $V$ ),

занимаемого этими молекулами, — определяется, как  $n = \frac{N}{V}$

СИ:  $m^3$

- Давление газа (основное уравнение молекулярно-кинетической теории газа)

Давление ( $p$ ) газа на стенку сосуда пропорционально концентрации ( $n$ ) молекул (атомов), массе ( $m_0$ ) одной молекулы (атома) и средней

квадратичной скорости ( $\overline{v^2}$ ) молекулы (атома).

$$p = \frac{1}{3} \times m_0 \times n \times \overline{v^2}$$

СИ: Па

- Давление идеального газа

Давление идеального ( $p$ ) газа пропорционально произведению концентрации молекул ( $n$ ) на среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул ( $\overline{E}$ ).

$$p = \frac{2}{3} \times n \times \overline{E}$$

СИ: Па

**Температура. Энергия теплового движения молекул**

- Абсолютная температура

Любое значение абсолютной температуры ( $T$ ) по шкале Кельвина на 273 градуса выше соответствующей температуры ( $t$ ) по шкале Цельсия.

$$T = t + 273$$

СИ: К

- Постоянная Больцмана

Постоянная Больцмана — величина, связывающая температуру в энергетических единицах (Дж) с температурой ( $T$ ) в Кельвинах.

$$k = 1,38 \times 10^{-23}$$

СИ: Дж/К

- Средняя кинетическая энергия молекул газа

Средняя кинетическая энергия ( $\overline{E}$ ) хаотичного поступательного движения молекул газа пропорциональна абсолютной температуре ( $T$ ).

$$\bar{E} = \frac{3}{2} \times k \times T$$

СИ: Дж

- *Связь давления газа, концентрации его молекул и температуры*  
При одинаковых давлениях ( $p$ ) и температурах ( $T$ ) концентрация молекул ( $n$ ) у всех газов одна и та же.

$$p = n \times k \times T$$

СИ: Па

- *Средняя скорость молекул газа*  
Средняя квадратичная скорость ( $\bar{v}$ ) теплового движения молекулы газа пропорциональна абсолютной температуре ( $T$ ) и обратно пропорциональна массе молекулы ( $m_0$ ).

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \times k \times T}{m_0}}$$

СИ: м/с

- *Универсальная газовая постоянная*  
Универсальная газовая постоянная ( $R$ ) — величина, равна произведению постоянной Больцмана ( $k$ ) и постоянной Авогадро ( $N_A$ )  
 $R = k \times N_A = 8,31$

СИ: Дж/(моль × К)

### Газовые законы

- *Уравнение состояния идеального газа*  
Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона) связывает давление ( $p$ ), объём ( $V$ ) и температуру ( $T$ ) идеального газа произвольной массы ( $m$ ), в данном состоянии идеального газа.

$$pV = \frac{m}{M} \times RT$$

где  $M$  – молярная масса,  $R$  – универсальная газовая постоянная.

- *Уравнение Клапейрона*  
Переход данной массы идеального газа из одного состояния в другое подчиняется соотношению

$$\frac{p_1 \times V_1}{T_1} = \frac{p_2 \times V_2}{T_2} = const$$

- *Закон Бойля-Мариотта (изотермический процесс)*  
Для газа данной массы при переходе из одного состояния в другое при постоянной температуре ( $T$ ) произведение давления ( $p$ ) газа на его объём ( $V$ ) не меняется.

$$p_1 \times V_1 = p_2 \times V_2 = \dots = const, \text{ (при } T = const)$$

- *Закон Гей-Люссака (изобарный процесс)*

Для газа данной массы при переходе из одного состояния в другое при постоянном давлении ( $p$ ) отношение объёма ( $V$ ) к абсолютной температуре ( $T$ ) есть величина постоянная для всех газовых состояний.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = const, \text{ (при } p=const\text{)}$$

- *Закон Шарля (изохорный процесс)*

Для газа данной массы при переходе из одного состояния в другое при постоянном объёме ( $V$ ) отношение давления ( $p$ ) к абсолютной температуре ( $T$ ) есть величина постоянная для всех газовых состояний.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = const, \text{ (при } p=const\text{)}$$

- *Закон Дальтона*

Для разреженных (идеальных) газов давление ( $p$ ) смеси равно сумме парциальных давлений ( $p_1, p_2, \dots, p_n$ ) компонентов смеси.

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

СИ: Па

### **Свойства паров, жидкостей и твердых тел**

- *Давление насыщенного пара*

Давление насыщенного пара ( $p_0$ ) не зависит от объёма, а зависит от температуры ( $T$ ) и концентрации молекул пара ( $n$ )

$$p_0 = n \times k \times T$$

где  $k$  – постоянная Больцмана

СИ: Па

- *Относительная влажность воздуха*

Относительной влажностью воздуха ( $\varphi$ ) называют отношение парциального давления ( $p$ ) водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению ( $p_0$ ) насыщенного пара при той же температуре, выраженной в процентах.

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \times 100 \%$$

СИ: %

- *Абсолютная влажность воздуха*

Абсолютная влажность воздуха ( $\rho$ ):

1) давление, оказываемое водяным паром при данных

условиях: 
$$p_a = \frac{m \times R \times T}{M \times V};$$

2) это масса ( $m$ ) водяного пара в единице объёма ( $V = 1 \text{ м}^3$ )

воздуха:  $\rho_a = \frac{m}{V}$  ;

СИ: Па, кг/м<sup>3</sup>

- *Коэффициент поверхностного натяжения жидкости*

Коэффициент поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) жидкости равен отношению модуля силы поверхностного натяжения ( $F$ ) к длине ( $l$ ) границы поверхности натяжения, на которую действует эта сила.

$$\sigma = \frac{F}{l}$$

СИ: Н/м

- *Высота поднятия жидкости в капилляре*

Высота ( $h$ ) поднятия жидкости в капиллярной трубке (капилляре) прямо пропорциональна коэффициенту поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) и обратно пропорциональна плотности жидкости ( $\rho$ ) и радиусу ( $r$ ) капиллярной трубки.

$$h = \frac{2 \times \sigma}{\rho \times g \times r}$$

- *Капиллярное давление*

Капиллярное давление ( $p$ ) жидкости в капилляре пропорционально коэффициенту поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) и обратно пропорционально радиусу капиллярной трубки ( $r$ ).

$$h = \frac{2 \times \sigma}{r}$$

СИ: Па

- *Абсолютная деформация (удлинение — сжатие)*

Абсолютная деформация ( $\Delta l$ ) — разность линейных размеров ( $l_0$  и  $l$ ) твердого тела до и после приложения к нему силы.

$$\Delta l = l - l_0$$

СИ: мм

- *Относительная деформация (удлинение — сжатие)*

Относительная деформация ( $\varepsilon$ ) — отношение абсолютной деформации ( $\Delta l$ ) к начальной длине твердого тела ( $l_0$ ).

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

- *Механическое напряжение*

Механическое напряжение ( $\sigma$ ) — это отношение модуля силы упругости ( $F$ ) к площади поперечного сечения ( $S$ ) тела.

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

СИ: Па

- *Закон Гука для твердого тела*

При малых деформациях напряжение ( $\sigma$ ) прямо пропорционально

относительному удлинению ( $\varepsilon$ )

$$\sigma = E \times |\varepsilon|$$

СИ: Па

- *Модуль упругости (модуль Юнга)*

Модуль продольной упругости ( $E$ ) — постоянная для данного материала величина, численно равная механическому напряжению ( $\sigma$ ), которое необходимо создать в теле, чтобы его относительное удлинение ( $\varepsilon$ ) достигло единицы

$$E = \frac{\sigma}{|\varepsilon|}$$

СИ: Па

- *Коэффициент запаса прочности*

Коэффициент запаса прочности ( $n$ ) — это величина, показывающая во сколько раз напряжение ( $\sigma_{нч}$ ), соответствующее пределу прочности, превышает напряжение ( $\sigma_{дон}$ ), допустимое для твердого тела в данных условиях нагружения.

$$n = \sigma_{нч} / \sigma_{дон}$$

### **Основы термодинамики**

- *Внутренняя энергия одноатомного газа*

Внутренняя энергия ( $U$ ) идеального одноатомного газа прямо пропорциональна количеству вещества ( $m/M$ ) и его абсолютной температуре ( $T$ )

$$U = \frac{3}{2} \times \frac{m}{M} \times RT$$

СИ: Дж

- *Внутренняя энергия многоатомного газа*

Внутренняя энергия ( $U$ ) идеального многоатомного газа прямо пропорциональна его абсолютной температуре ( $T$ ) и определяется числом степеней свободы ( $i$ ) идеального газа.

$$U = \frac{i}{2} \times \frac{m}{M} \times RT$$

где  $i=3$  — одноатомного;

$i=5$  — двухатомных;

$i=6$  — трехатомных и более.

СИ: Дж

- *Работа внешних сил над газом*

Работа ( $A$ ) внешних сил, изменяющих объём газа при изобарном процессе, равна произведению давления ( $p$ ) на изменение объёма ( $\Delta V$ ) газа.

$$A = -p \times \Delta V$$

СИ: Дж

- *Первый закон термодинамики*
  - 1) Изменение внутренней энергии ( $\Delta U$ ) системы при переходе её из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил ( $A$ ) и количества теплоты ( $Q$ ), переданного системе:  $\Delta U = A + Q$  ;
  - 2) Количество теплоты ( $Q$ ), переданное системе, идет на изменение её внутренней энергии ( $\Delta U$ ) и на совершение системой работы ( $A'$ ) над внешними телами:  $Q = \Delta U + A'$  .

СИ: Дж
- *Применение первого закона термодинамики*
  - 1) При изохорном процессе изменение внутренней энергии ( $\Delta U$ ) равно количеству переданной теплоты ( $Q$ ):  $\Delta U = Q$  , (при  $V = const$ )
  - 2) При изотермическом процессе все переданное газу количество теплоты ( $Q$ ) идет на совершение работы ( $A'$ ):  $Q = A'$  , (при  $T = const$ )
  - 3) При изобарном процессе передаваемое газу количество теплоты ( $Q$ ) идет на изменение его внутренней энергии ( $\Delta U$ ) и на совершение работы ( $A'$ ):  $Q = \Delta U + A'$  , (при  $p = const$ )
  - 4) При адиабатном процессе изменение внутренней энергии ( $\Delta U$ ) происходит только за счет совершения работы ( $A$ ):  $\Delta U = A$  , (при  $Q = 0$ )

СИ: Дж
- *Работа теплового двигателя*

Работа ( $A'$ ), совершаемая тепловым двигателем, равна разности количества теплоты ( $Q_1$ ), полученного от нагревателя, и количества теплоты ( $Q_2$ ), отданного холодильнику

$$A' = Q_1 - Q_2$$

СИ: Дж
- *КПД теплового двигателя*

Коэффициентом ( $\eta$ ) полезного действия (КПД) теплового двигателя называют отношение работы ( $A'$ ), совершаемой двигателем, к количеству теплоты ( $Q_1$ ), полученному от нагревателя.

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} ;$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100 \%$$

СИ: Дж
- *КПД идеальной Тепловой машины*

Реальная тепловая машина, работающая с нагревателем, имеющим температуру ( $T_1$ ), и холодильником с температурой ( $T_2$ ), не может иметь

КПД, превышающий КПД (7 так) идеальной тепловой машины.

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

### Электростатика

- *Закон сохранения заряда*

В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов ( $q_1, q_2, \dots, q_n$ ) всех частиц остается неизменной.

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const}$$

СИ: Кл

- *Закон Кулона*

Сила взаимодействия ( $F$ ) двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей заряда ( $q_1$  и  $q_2$ ) и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

$$F = k \times \frac{|q_1| \times |q_2|}{r^2}$$

где  $k = 9 \times 10^9$  ( $\text{Н} \times \text{м}^2$ )/Кл<sup>2</sup> — коэффициент пропорциональности.

СИ: Н

- *Заряд электрона*

Заряд электрона ( $e$ ) — минимальный, механически неделимый, отрицательный заряд, существующий в природе.

$$e = 1,6 \times 10^{-19}$$

СИ: Кл

- *Напряженность электрического поля*

Напряженность электрического поля ( $\vec{E}$ ) равна отношению силы ( $\vec{F}$ ), с которой поле действует на точечный заряд, к этому заряду ( $q$ ).

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

СИ: Н/Кл; В/м

- *Напряженность поля точечного заряда (в вакууме)*

Модуль напряженности ( $E$ ) поля точечного заряда ( $q_0$ ) на расстоянии ( $r$ ) от

$$E = \frac{k \times |q_0|}{r^2}$$

него равен:

где  $k = 9 \times 10^9$  ( $\text{Н} \times \text{м}^2$ )/Кл<sup>2</sup> — коэффициент пропорциональности.

СИ: Н/Кл

- *Принцип суперпозиции полей*

Если в данной точке пространства заряженные частицы создают

электрические поля, напряженности которых ( $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3, \dots$ ), то

результатирующая напряженность поля в этой точке равна геометрической

(векторной) сумме напряженностей.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

СИ: Н/Кл

▪ *Диэлектрическая проницаемость*

Диэлектрическая проницаемость ( $\varepsilon$ ) — это физическая величина, показывающая, во сколько раз модуль напряженности ( $E$ ) электрического поля внутри однородного диэлектрика меньше модуля напряженности ( $E_0$ ) поля в вакууме.

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$

▪ *Работа при перемещении заряда в однородном электростатическом поле*  
Работа ( $A$ ) при перемещении заряда ( $q$ ) в однородном электростатическом поле напряженностью ( $E$ ) не зависит от формы траектории движения заряда, а определяется величиной перемещения ( $\Delta d = d_2 - d_1$ ) заряда вдоль силовых линий поля.

$$A = q \times E \times (d_2 - d_1)$$

СИ: Дж

▪ *Потенциальная энергия заряда*

Потенциальная энергия ( $W_p$ ) заряда в однородном электростатическом поле равна произведению величины заряда ( $q$ ) на напряженность ( $E$ ) поля и расстояние ( $d$ ) от заряда до источника поля.

$$W_p = q \times E \times d$$

СИ: Дж

▪ *Потенциал электростатического поля*

Потенциал ( $\varphi$ ) данной точки электростатического поля численно равен:

1) потенциальной энергии ( $W_p$ ) единичного заряда ( $q$ ) в данной

точке:  $\varphi = \frac{W_p}{q}$  ;

2) произведению напряженности ( $E$ ) поля на расстояние ( $d$ ) от заряда до источника поля:  $\varphi = E \times d$

СИ: В

▪ *Напряжение (разность потенциалов)*

Напряжение ( $U$ ) или разность потенциалов ( $\varphi_1 - \varphi_2$ ) между двумя точками равна отношению работы поля ( $A$ ) при перемещении заряда из начальной точки в конечную к этому заряду ( $q$ ).

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$$

СИ: В

- Связь между напряженностью и напряжением*

Чем меньше меняется потенциал ( $U = \varphi_1 - \varphi_2$ ) на расстоянии ( $\Delta d$ ), тем меньше напряженность ( $E$ ) электростатического поля.

$$E = \frac{U}{\Delta d}$$

СИ: В/м
- Электроёмкость*

Электроёмкость ( $C$ ) двух проводников — это отношение заряда ( $q$ ) одного из проводников к разности потенциалов ( $U$ ) между этим проводником и соседним.

$$C = \frac{q}{U}$$

СИ: Ф
- Электроёмкость конденсатора*

Электроёмкость плоского конденсатора ( $C$ ) прямо пропорциональна площади пластин ( $S$ ), диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ) размещенного между ними диэлектрика, и обратно пропорциональна расстоянию между пластинами ( $d$ ).

$$C = \frac{\epsilon \times \epsilon_0 \times S}{d}$$

$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \times \text{м}^2)$  — электрическая постоянная

СИ: Ф
- Энергия заряженного конденсатора*

Энергия ( $W$ ) заряженного конденсатора равна:

  - половине произведения заряда ( $q$ ) конденсатора на разность потенциалов ( $U$ ) между его обкладками: 
$$W = \frac{q \times U}{2}$$
 ;
  - отношению квадрата заряда ( $q$ ) конденсатора к удвоенной его ёмкости ( $C$ ): 
$$W = \frac{q^2}{2 \times C}$$
 ;
  - половине произведения ёмкости конденсатора ( $C$ ) на квадрат разности потенциалов ( $U$ ) между его обкладками: 
$$W = \frac{C \times U^2}{2}$$
 .

СИ: Дж
- Электроёмкость шара*

Электроёмкость шара радиусом  $R$ , помещенного в диэлектрическую среду с проницаемостью  $\epsilon$ , равна: 
$$C = 4 \times \pi \times \epsilon_0 \times \epsilon$$

СИ: Ф
- Параллельное соединение конденсаторов*

Общая ёмкость ( $C_{\text{общ}}$ ) конденсаторов, параллельно соединенных на

участке электрической цепи, равна сумме ёмкостей ( $C_1, C_2, C_3, \dots$ ) отдельных конденсаторов.

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

СИ:  $\Phi$

- *Последовательное соединение конденсаторов*

Величина, обратная общей ёмкости ( $C_{\text{общ}}$ ) конденсаторов, последовательно соединённых на участке электрической цепи, равна сумме величин, обратных ёмкостям ( $C_1, C_2, C_3, \dots$ ) отдельных конденсаторов.

$$1/C_{\text{общ}} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots + 1/C_n$$

СИ:  $\Phi$

### **Законы постоянного тока**

- *Сила тока*

Сила тока ( $I$ ) равна:

1) отношению заряда ( $\Delta q$ ), переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени ( $\Delta t$ ), к этому интервалу времени;

2) произведению концентрации ( $n$ ) заряженных частиц в проводнике, заряду каждой частицы ( $q_0$ ), скорости ( $v$ ) движения заряженных частиц в проводнике и площади поперечного сечения ( $S$ ) проводника.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$I = q_0 \times n \times v \times S$$

СИ: А

- *Закон Ома для участка цепи*

Сила тока ( $I$ ) прямо пропорциональна приложенному напряжению ( $U$ ) и обратно пропорциональна сопротивлению проводника ( $R$ )

$$I = \frac{U}{R}$$

СИ: А

- *Сопротивление проводника*

Сопротивление ( $R$ ) проводника зависит от материала проводника (удельного сопротивления  $\rho$ ) и его геометрических размеров (длины  $l$  и площади поперечного сечения  $S$ ).

$$R = \rho \times \frac{l}{S}$$

СИ: Ом

- *Удельное сопротивление проводника*

Удельное сопротивление ( $\rho$ ) проводника — величина, численно равная сопротивлению проводника длиной ( $l$ ) один метр и площадью поперечного сечения ( $S$ ) один квадратный метр.

$$\rho = \frac{R \times S}{l}$$

СИ: Ом×м

- *Работа постоянного тока*

Работа ( $A$ ) постоянного тока на участке цепи:

1) равна произведению силы тока ( $I$ ), напряжения ( $U$ ) и времени ( $t$ ), в течение которого совершалась работа:  $A = U \times I \times t$  ;

2) равна произведению квадрата силы тока ( $I$ ), сопротивления участка цепи ( $R$ ) и времени ( $t$ ):  $A = I^2 \times R \times t$  ;

3) пропорциональна квадрату напряжения ( $U$ ), времени ( $t$ ) и обратно

пропорционально сопротивлению ( $R$ ) участка цепи:  $A = \frac{U^2}{R} \times t$  .

СИ: Дж

- *Мощность тока*

Мощность ( $P$ ) постоянного тока на участке цепи равна:

1) работе ( $A$ ) тока, выполняемой за единицу времени ( $t$ ):  $P = \frac{A}{t}$  ;

2) произведению напряжения ( $U$ ) и силы тока ( $I$ ):  $P = U \times I$  ;

3) произведению квадрата силы тока ( $I$ ) и сопротивления ( $R$ ):  $P = I^2 \times R$  ;

4) отношению квадрата напряжения ( $U$ ) к сопротивлению ( $R$ ):  $P = \frac{U^2}{R}$

СИ: Вт

- *Электродвижущая сила (ЭДС)*

Электродвижущая сила в замкнутом контуре ( $\xi$ ) представляет собой отношение работы сторонних сил ( $A_{cm}$ ) при перемещении заряда внутри источника тока к заряду ( $q$ ).

$$\xi = A_{cm}/q$$

СИ: В

- *Закон Ома для полной цепи*

Сила тока ( $I$ ) в полной цепи равна отношению ЭДС( $\xi$ ) цепи к её полному сопротивлению (внутреннему сопротивлению  $r$  и внешнему  $R$ ).

$$I = \frac{\xi}{r + R}$$

СИ: А

- *Последовательное соединение источников тока*

Если цепь содержит несколько последовательно соединенных элементов с ЭДС ( $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$ ), то полная ЭДС цепи ( $\xi$ ) равна алгебраической сумме ЭДС отдельных элементов.

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \dots$$

СИ: В

- *Параллельное соединение источников тока*  
Если цепь содержит несколько параллельно соединенных элементов с равными ЭДС ( $\xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \dots$ ), то полная ЭДС цепи ( $\xi$ ) равна ЭДС каждого элемента.

$$\xi = \xi_1 = \xi_2 = \xi_3 = \dots$$

СИ: В

### **Электрический ток в различных средах**

- *Температурный коэффициент сопротивления*  
Температурный коэффициент сопротивления ( $\alpha$ ) характеризует зависимость сопротивления вещества от температуры и численно равен относительному изменению сопротивления ( $R$ ) (либо удельного сопротивления материала —  $\rho$ ) проводника при нагревании на  $T = 1$  К.

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R \times T}$$

$$\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{\rho \times T}$$

СИ:  $K^{-1}$

- *Закон электролиза (закон Фарадея)*  
Масса вещества ( $m$ ), выделившегося на электроде за время ( $t$ ) при прохождении электрического тока, пропорциональна заряду ( $q = It$ ), прошедшему через электролит и электрохимическому эквиваленту ( $k$ ) вещества

$$m = k \times I \times t,$$

где  $k$  – электротехнический эквивалент вещества

СИ: кг

- *Электрохимический эквивалент вещества*  
Электрохимический эквивалент вещества ( $k$ ) — величина, численно равная:

1) массе вещества ( $m$ ), выделившегося на катоде, при переносе ионами

заряда ( $q$ ), равного один Кулон:  $k = \frac{m}{q}$  ;

2) отношению массы иона ( $m_{oi} = M/N_A$ ) к его заряду ( $q_{oi} = en$ ):  $k = \frac{M}{n \times e \times N_A}$  ,

где  $M$  — молярная (атомная) масса вещества;  $n$  — валентность атома вещества;  $e$  — элементарный заряд;  $N_A$  — число Авогадро.

СИ: кг/Кл

## Магнитное поле

- *Модуль вектора магнитной индукции*

Модуль вектора магнитной индукции ( $B$ ) — это отношение максимальной силы ( $F_{max}$ ), действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током, к произведению силы тока ( $I$ ) на длину ( $l$ ) этого участка.

$$B = \frac{F_{MAX}}{I \times l}$$

СИ: Тл

- *Закон Ампера*

Сила Ампера ( $F_A$ ) — это сила, действующая на участок проводника с током в магнитном поле, равная произведению вектора магнитной индукции ( $B$ ) на силу тока ( $I$ ), длину участка ( $l$ ) проводника и на синус угла ( $\alpha$ ) между магнитной индукцией и участком проводника.

$$F_A = I \times l \times B \times \sin \alpha$$

СИ: Н

- *Сила Лоренца*

Сила Лоренца — это сила ( $F_L$ ), действующая на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля, равная произведению модуля вектора магнитной индукции ( $B$ ) на заряд частицы ( $q$ ), на скорость ( $v$ ) её упорядоченного движения в проводнике и на синус угла ( $\alpha$ ) между вектором скорости и вектором магнитной индукции.

$$F_L = q \times v \times B \times \sin \alpha$$

СИ: Н

- *Движение заряженной частицы в магнитном поле*

В однородном магнитном поле ( $B$ ), направленном перпендикулярно к начальной скорости ( $v$ ) частицы массой ( $m$ ) с зарядом ( $q$ ), сама частица равномерно движется по окружности радиусом ( $r$ ) с периодом обращения ( $T$ ).

$$r = \frac{m \times v}{|q| \times B},$$
$$T = \frac{2 \times \pi \times m}{q \times B}$$

СИ: м, с

- *Магнитная проницаемость среды*

Магнитная проницаемость ( $\mu$ ) — это величина, характеризующая магнитные свойства среды и равная отношению вектора магнитной индукции ( $B$ ) в однородной среде к вектору магнитной индукции ( $B_0$ ) в вакууме.

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

## Электромагнитная индукция

- *Магнитный поток (поток магнитной индукции)*

Магнитным потоком ( $\Phi$ ) через поверхность площадью ( $S$ ) называют величину, равную произведению модуля вектора магнитной индукции ( $\vec{B}$ ) на площадь ( $S$ ) и косинус угла ( $\alpha$ ) между векторами  $\vec{B}$  и нормалью  $\vec{n}$  к плоскости поверхности.

$$\Phi = B \times S \times \cos \alpha$$

$$\Phi = B_n \times S$$

где  $B_n = B \times \cos \alpha$  — проекция вектора магнитной индукции на нормаль к плоскости контура

СИ: Вб

- *Закон электромагнитной индукции*

ЭДС индукции ( $\xi$ ) в замкнутом контуре равна по модулю скорости изменения магнитного потока ( $\Delta\Phi/\Delta t$ ) через поверхность, ограниченную контуром, и имеет знак, противоположный скорости изменения магнитного потока.

$$\xi = |\Delta\Phi/\Delta t|,$$

$$\xi = -\Delta\Phi/\Delta t$$

СИ: В

- *ЭДС индукции катушки*

ЭДС индукции ( $\xi$ ) катушки пропорционален числу ( $N$ ) её витков

$$\xi = -(\Delta\Phi/\Delta t) \times N$$

СИ: В

- *Коэффициент самоиндукции (индуктивность контура)*

Коэффициент самоиндукции (индуктивность контура) ( $L$ ) — величина, равная отношению магнитного потока ( $\Phi$ ) к силе тока ( $I$ ) в проводящем контуре.

$$L = \Phi/I$$

СИ: Гн

- *ЭДС самоиндукции*

ЭДС самоиндукции ( $\xi_{is}$ ) в цепи пропорциональна скорости изменения силы тока ( $\Delta I$ ) во времени ( $\Delta t$ ).

$$\xi_{is} = -L \times \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

СИ: В

- *Индуктивность*

Индуктивность ( $L$ ) — это физическая величина, численно равная ЭДС самоиндукции ( $\xi_{is}$ ) возникающей в контуре при изменении силы тока ( $\Delta I$ ) на один ампер за время ( $\Delta t$ ) одну секунду.

$$L = \frac{\xi_{is} \times \Delta t}{\Delta I}$$

СИ: Гн

- *Энергия магнитного поля тока*

Энергия магнитного поля тока ( $W_M$ ) равна половине произведения индуктивности проводника ( $L$ ) на квадрат силы тока ( $I$ ) в нем.

$$W_M = \frac{L \times I^2}{2}$$

СИ: Дж

### **Механические колебания и волны**

- *Период колебаний*

Период колебаний ( $T$ ) — продолжительность одного полного колебания, определяемая как отношение времени ( $t$ ), за которое совершено ( $N$ ) полных колебаний, к числу этих колебаний

$$T = \frac{t}{N}$$

СИ: с

- *Частота колебаний*

Частота колебаний ( $\nu$ ) — число колебаний в единицу времени, равное величине, обратной периоду колебаний ( $T$ ).

$$\nu = \frac{1}{T}$$

СИ: с<sup>-1</sup>

- *Циклическая (круговая частота)*

Циклическая (круговая) частота ( $\omega$ ) показывает, какое число колебаний совершает тело за  $2\pi$  единиц времени, и связана с периодом ( $T$ ) и частотой ( $\nu$ ) колебаний зависимостями:

$$\omega = 2 \times \pi \times \nu;$$

$$\omega = \frac{2 \times \pi}{T}$$

СИ: рад/с

- *Период колебаний пружинного маятника*

Период колебаний ( $T$ ) пружинного маятника тем больше, чем больше масса тела ( $m$ ) и тем меньше, чем больше жесткость пружины ( $k$ ).

$$T = 2 \times \pi \times \sqrt{\frac{m}{k}}$$

СИ: с

- *Собственная частота колебательной системы*

$$1) \text{ пружинного маятника } (\omega_n): \omega_n = \sqrt{\frac{m}{k}}$$

2) математического маятника ( $\omega_M$ ):  $\omega_M = \sqrt{\frac{g}{l}}$   
 СИ: рад/с

- *Гармонические колебания*

1) Уравнение гармонических колебаний (уравнение координат колеблющегося тела):  $x = A \sin \omega t$ ;  $x = A \cos \omega t$ ;

2) Уравнение скорости колеблющегося тела:  $v = x' = v_{\max} \cos \omega t$   
 ;  $v = x' = v_{\max} \sin \omega t$  ;

3) Уравнение ускорения колеблющегося тела:  $a = v' = a_{\max} \sin \omega t$   
 ;  $a = v' = a_{\max} \cos \omega t$  .

СИ: м, м/с, м/с<sup>2</sup>

- *Полная механическая энергия колеблющегося пружинного маятника*

Полная механическая энергия ( $W$ ) колеблющегося тела равна:

1) сумме кинетической ( $W_K$ ) и потенциальной ( $W_{II}$ ) энергий в каждый

момент времени:  $W = W_K + W_{II} = \frac{m \times v^2}{2} + \frac{k \times x^2}{2}$  ;

2) половине произведения квадрата амплитуды ( $A$ ) (максимальной координаты  $x = x_{\max}$ ) его колебаний и жесткости пружины ( $k$ ):  $W =$

$W_{II \max} = \frac{k \times A^2}{2}$  ;

3) половине произведения квадрата максимальной скорости ( $v_{\max}$ ) и массы

( $m$ ) тела:  $W_{K \max} = \frac{m \times v^2}{2}$  .

СИ: Дж

- *Скорость волны*

Скорость волны ( $v$ ) (скорость распространения колебаний в пространстве) равна произведению частоты колебаний ( $\nu$ ) в волне на длину волны ( $\lambda$ ).

$v = \lambda \times \nu$

СИ: м/с

- *Длина волны*

Длина волны ( $\lambda$ ) — расстояние, на которое распространяются колебания со скоростью ( $v$ ) за время, равное периоду колебаний ( $T$ ).

$\lambda = v \times T$

СИ: м

### **Электромагнитные колебания**

- *Полная энергия колебательного контура*

Полная энергия ( $W$ ) электромагнитного поля контура равна сумме энергий

магнитного  $\left(\frac{L \times i^2}{2}\right)$  и электрического  $\left(\frac{q^2}{2 \times C}\right)$  полей.

$$W = \frac{L \times i^2}{2} + \frac{q^2}{2 \times C};$$

$$W = \frac{q_m^2}{2 \times C} \quad (\text{при } i=0);$$

$$W = \frac{L \times I_m^2}{2} \quad (\text{при } q=0),$$

где  $L$  — индуктивность катушки;  $i$  — сила переменного тока;  $I_m$  — максимальная сила тока;  $q$  — переменный заряд конденсатора;  $q_m$  — максимальный заряд конденсатора;  $C$  — электроёмкость конденсатора.

СИ: Дж

- *Собственная частота колебательной системы*

Собственная частота колебательной системы ( $\omega_0$ ) зависит только от электроёмкости ( $C$ ) и индуктивности ( $L$ ) самой системы.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \times C}}$$

СИ: рад/с

- *Период свободных колебаний в контуре*

Период свободных колебаний в контуре ( $T$ ) пропорционален электроёмкости ( $C$ ) и индуктивности ( $L$ ) самого контура (*формула Томсона*).

$$T = 2 \times \pi \times \sqrt{L \times C}$$

СИ: с

- *Фаза гармонических колебаний*

Фаза гармонических колебаний ( $\varphi$ ) — величина, стоящая под знаком синуса (или косинуса) в уравнении колебаний, и определяющая состояние колебательной системы в любой момент времени ( $t$ ).

$$\varphi = \omega_0 \times t$$

$$\varphi = 2 \times \pi \times \frac{t}{T},$$

где  $\omega_0$  — собственная частота колебательной системы;  $T$  — период свободных колебаний в контуре

СИ: рад

- *Поток магнитной индукции в цепи переменного тока*

Поток магнитной индукции ( $\Phi$ ), пронизывающий проволочную рамку площадью ( $S$ ), вращающуюся со скоростью ( $\omega$ ) в постоянном однородном магнитном поле с вектором магнитной индукции ( $B$ ), в произвольный

момент времени ( $t$ ) равен:

$$\Phi = B \times S \times \cos \omega t$$

СИ: Вб

- ЭДС индукции в цепи переменного тока

ЭДС индукции ( $e$ ) равна производной от магнитного потока ( $\Phi$ ).

$$e = - \Phi'$$

$$e = - B \times S \times \omega \sin \omega t$$

СИ: В

- Напряжение в цепи переменного тока

В цепи переменного тока вынужденные электрические колебания происходят под действием напряжения ( $U$ ), меняющегося во времени ( $t$ ) с частотой ( $\omega$ ) по синусоидальному или косинусоидальному закону относительно амплитуды напряжений ( $U_m$ ).

$$u = U_m \times \sin \omega t$$

$$u = U_m \times \cos \omega t$$

СИ: В

- Сила тока в цепи переменного тока

Колебания силы тока ( $i$ ) в любой момент времени ( $t$ ) в общем случае не совпадают с колебаниями напряжения на разность (сдвиг) фаз ( $\varphi_c$ ) и определяются по формуле:

$$i = I_m \times \sin (\omega t + \varphi_c)$$

СИ: А

- Цепи переменного тока с активным сопротивлением

В цепи переменного тока с активным сопротивлением ( $R$ ):

1) колебания напряжения ( $u$ ):  $u = U_m \times \cos \omega t$  ;

2) колебания силы тока ( $i$ ) совпадают с колебаниями напряжения ( $u$ ):  $i = I_m \times \cos \omega t$  ;

3) амплитуда сила тока ( $I_m$ ):  $I_m = \frac{U_m}{R}$  ;

4) мгновенная мощность ( $p$ ) на участке с сопротивлением  $R$ :  $p = i^2 \times R$  ;

5) средняя мощность ( $\bar{P}$ ) цепи:  $\bar{P} = \frac{I_m^2 \times R}{2}$  ;

6) действующее значение силы тока ( $I$ ):  $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$  ;

7) действующее значение напряжения ( $U$ ):  $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$  ;

8) мощность переменного тока ( $P$ ):  $P = I^2 \times R = U \times I$

СИ:  $B, A, Вт$

- Цепи переменного тока с конденсатором

В цепи переменного тока с конденсатором емкостью ( $C$ ):

1) колебания силы тока ( $i$ ) опережают колебания напряжения ( $u$ ) на

$$i = U_m \times C \times \omega \times \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right);$$

конденсаторе на  $\pi/2$ :

2) амплитуда силы тока ( $I_m$ ):  $I_m = U_m \times C \times \omega$ ;

3) ёмкостное сопротивление ( $X_C$ ):  $X_C = \frac{1}{\omega \times C}$ ;

4) действующее значение силы тока ( $I$ ):  $I = \frac{U}{X_C}$ ;

5) действующее значение напряжения ( $U$ ):  $U = I \times X_C$

СИ:  $A, Ом, В$

- Цепи переменного тока с катушкой индуктивности

В цепи переменного тока с катушкой индуктивностью ( $L$ ):

1) колебания силы тока ( $i$ ) отстают от колебаний напряжений ( $u$ ) на

$$i = \left( \frac{U_m}{\omega \times L} \times \sin \omega t - \frac{\pi}{2} \right);$$

конденсаторе на  $\pi/2$ :

2) амплитуда силы тока ( $I_m$ ):  $I_m = \frac{U_m}{\omega \times L}$ ;

3) индуктивное сопротивление ( $X_L$ ):  $X_L = \omega \times L$ ;

4) действующее значение силы тока ( $I$ ):  $I = \frac{U}{X_L}$ ;

5) действующее значение напряжения ( $U$ ):  $U = I \times X_L$

СИ:  $A, Ом, В$

- Общее сопротивление цепи переменного тока

Общее сопротивление ( $Z$ ) цепи переменного тока, содержащей активное сопротивление ( $R$ ), ёмкостное сопротивление ( $X_C$ ) и индуктивное сопротивление ( $X_L$ ),

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega \times L - \frac{1}{\omega \times C}\right)^2}$$

равно:

СИ:  $Ом$

- Сдвиг фаз в цепи переменного тока

Сдвиг фаз ( $\varphi$ ) в цепи переменного тока определяется активным ( $R$ ),

индуктивным ( $X_L$ ) и ёмкостным ( $X_C$ ) сопротивлениями цепи.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

СИ: рад

- *Резонанс в колебательном контуре*

Резонанс в электрическом колебательном контуре — явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний силы тока при совпадении частоты ( $\omega$ ) внешнего переменного напряжения с собственной частотой ( $\omega_0$ ) колебательного контура.

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \times C}}$$

СИ: с<sup>-1</sup>

- *Коэффициент трансформации*

Коэффициентом трансформации ( $K$ ) называют величину, численно равную отношению напряжений на первичной ( $U_1$ ) и вторичной ( $U_2$ ) обмотках трансформации, либо отношению числа витков на первичной ( $N_1$ ) и вторичной ( $N_2$ ) обмотках.

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

- *Правило трансформаций*

Повышая во вторичной обмотке трансформатора напряжение ( $U_2$ ) в несколько раз, мы во столько же раз уменьшаем в ней силу тока ( $I_2$ ) (и наоборот).

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1}$$

- *КПД трансформатора*

Коэффициент полезного действия (*КПД*) трансформатора равен отношению мощности тока во вторичной обмотке ( $P_2$ ) к мощности тока в первичной обмотке ( $P_1$ ).

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{I_2 \times U_2}{I_1 \times U_1} \times 100 \%$$

СИ: %

### **Электромагнитные волны**

- *Плотность потока электромагнитного излучения*

Плотностью потока электромагнитного излучения ( $I$ ) называют:

1) отношение электромагнитной энергии ( $\Delta W$ ), проходящей за время ( $t$ ) через перпендикулярную лучам поверхность площадью ( $S$ ), к

произведению площади ( $S$ ) на время ( $t$ ):  $I = \frac{\Delta W}{S \times t}$  ;

2) произведение плотности электромагнитной энергии ( $w$ ) на скорость ( $c$ ) её распространения:  $I = w \times c$

СИ:  $Вт/м^2$

- *Зависимость плотности потока излучения:*

1) от расстояния до источника:

плотность потока электромагнитного излучения ( $I$ ) от точечного источника убывает обратно пропорционально квадрату расстояния ( $R$ ) до источника

$$I = \frac{\Delta W}{4 \times \pi \times \Delta t} \times \frac{1}{R^2} ;$$

2) от частоты:

плотность потока электромагнитного излучения ( $I$ ) пропорциональна четвертой степени частоты ( $\omega$ )

$$I = k \times \omega^4 .$$

СИ:  $Вт/м^2$

- *Принцип радиолокации*

Определение расстояния ( $R$ ) до цели производят путем измерения общего времени ( $t$ ) прохождения радиоволн со скоростью ( $c = 3 \times 10^8 м/с$ ) до цели и обратно.

$$R = \frac{c \times t}{2}$$

СИ:  $м$

### **Волновая и геометрическая оптика**

- *Предельный угол полного отражения*

Предельный угол полного отражения ( $\alpha_0$ ) определяется показателем преломления ( $n$ ) оптической среды.

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$$

СИ: *град*

- *Увеличение линзы*

Увеличение линзы ( $\Gamma$ ) показывает во сколько раз величина изображения предмета ( $H$ ) превышает размеры ( $h$ ) самого предмета и равно отношению расстояния ( $f$ ) от линзы до изображения к расстоянию ( $d$ ) от предмета до линзы.

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

- *Оптическая сила системы линз*

Оптическая сила системы линз ( $D$ ) равна сумме оптической силы каждой линзы ( $D_1, D_2, D_3, \dots$ ), входящей в систему

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + \dots$$

СИ:  $\text{дптр}$

- *Законы интерференции*

В интерференционной картине:

1) усиление света происходит в случае, когда величина отставания ( $\Delta d$ ) преломленной волны от отраженной волны составляет целое число ( $k$ ) длин волн ( $\lambda$ ):  $\Delta d = k \times \lambda$  ( $k=0, 1, 2, \dots$ );

2) ослабление света наблюдается в случае, когда величина отставания ( $\Delta d$ ) преломленной волны от отраженной волны составляет половину длины

волны ( $\lambda/2$ ) или нечетное число ( $k$ ) полуволн: 
$$\Delta d = \left(2 \times k + 1\right) \times \frac{\lambda}{2} \quad (k=0, 1, 2, \dots)$$

СИ:  $m$

- *Дифракционная решетка*

При прохождении монохроматического света с длиной волны  $\lambda$  через дифракционную решетку с периодом решетки  $d$  максимальное усиление волн в направлении, определяемом углом  $\phi$ , происходит при условии:  $d \times \sin \phi = k \times \lambda$  ( $k=0, 1, 2, \dots$ )

СИ:  $m$

### **Фотометрия**

- *Световой поток*

Световой поток ( $\Phi$ ) — физическая величина, численно равная отношению световой энергии ( $W$ ), излучаемой точечным источником света, ко времени излучения ( $t$ ).

$$\Phi = \frac{W}{t}$$

СИ:  $\text{лм}$

- *Сила света*

Сила света ( $I$ ) — световой поток ( $\Phi$ ), излучаемый точечным источником света в единичный телесный угол ( $\omega$ ).

$$I = \Phi/\omega$$

СИ:  $\text{кд}$

- *Телесный угол*

Телесный угол ( $\omega$ ) – пространственный угол, ограниченный конической поверхностью с вершиной в центре сферы радиусом ( $R$ ), и опирающийся на участок поверхности сферы площадью ( $S$ ).

$$\omega = \frac{S}{R^2}$$

СИ:  $\text{стер}$

- *Освещенность*  
Освещенность ( $E$ ) площадки – величина светового потока ( $\Phi$ ), приходящаяся на единицу площади ( $S$ ) этой площадки.  
 $E = \Phi/S$   
СИ: лк
  - *Законы освещенности*
    1. Освещенность ( $E$ ) площадки прямо пропорциональна силе света ( $I$ ) точечного источника и обратно пропорциональна квадрату расстояния ( $R$ ) до точечного источника  
$$E = \frac{I}{R^2}$$
    2. Если нормаль площадки ( $S$ ) находится под углом  $\alpha$  к оси светового потока ( $\Phi$ ), то освещенность ( $E$ ) прямо пропорциональна  $\cos \alpha$ :  
$$E = \frac{I \times \cos \alpha}{R^2}$$

СИ: лк
  - *Светимость*  
Светимость ( $R$ ) — величина светового потока ( $\Phi$ ), излучаемого с единицы площади ( $S$ ) поверхности источника света.  
 $R = \Phi/S$   
СИ: лк
  - *Яркость*  
Яркость ( $B$ ) — физическая величина, измеряемая силой света ( $I$ ) источника в заданном направлении с единицы площади ( $S$ ) поверхности источника:  
$$B = \frac{I}{S \times \cos \varphi}$$
  
где  $\varphi$  — угол между нормалью к поверхности источника света и заданным направлением  
СИ: кд/м<sup>2</sup>
- Элементы теории относительности**
- *Скорость света (второй постулат теории относительности)*  
Скорость света в вакууме ( $c$ ) одинакова для всех инерциальных систем отсчета. Она не зависит ни от скорости источника, ни от скорости приёмника сигнала, а определяется только длиной волны ( $\lambda$ ) и частотой излучения ( $\nu$ ).  
 $c = \lambda \times \nu = 3 \times 10^8$   
СИ: м/с
  - *Зависимость массы от скорости*  
При увеличении скорости ( $v$ ) тела его масса ( $m_0$ ) не остается постоянной, а возрастает ( $m$ ).

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где  $c$  – скорость света

СИ: кг

- *Основной закон релятивистской динамики*

Для тел, движущихся с большими скоростями ( $v$ ), второй закон динамики имеет вид:

$$\vec{F} = \frac{\vec{p}}{\Delta t} = \frac{m \times \Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{m_0 \times \Delta \vec{v}}{\Delta t \times \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где  $c$  – скорость света

СИ: Н

- *Связь между массой и энергией*

Энергия ( $E$ ) тела или системы тел равна массе ( $m$ ), умноженной на квадрат скорости света ( $c$ ).

$$E = m \times c^2 = \frac{m_0 \times c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

СИ: Дж

- *Энергия покоя*

Любое тело уже только благодаря факту своего существования обладает энергией ( $E_0$ ), которая пропорциональна массе покоя ( $m_0$ ).

$$E = m_0 \times c^2$$

СИ: Дж

### **Квантовая физика**

- *Энергия кванта*

Энергия кванта ( $E$ ) прямо пропорциональна частоте ( $\nu$ ) излучения.

$$E = h \times \nu,$$

где  $h$  — постоянная Планка

СИ: Дж

- *Задерживающее напряжение при фотоэффекте*

Задерживающее напряжение ( $U$ ) при фотоэффекте зависит от

максимальной кинетической энергии  $\left( \frac{m \times v^2}{2} \right)$ , вырванных светом

электронов.

$$U = \frac{m \times v^2}{2 \times e},$$

где  $e$  – заряд электрона

СИ: В

- *Работа выхода электрона при фотоэффекте (формула Эйнштейна)*  
Энергия порции света (кванта) ( $h\nu$ ) идет на совершение работы выхода ( $A$ ) электрона и на сообщение ему кинетической энергии  $\left( \frac{m \times v^2}{2} \right)$ .

$$h\nu = A + \frac{m \times v^2}{2}$$

СИ: Дж

- *Красная граница при фотоэффекте*  
Красная граница при фотоэффекте – это предельная частота ( $\nu_{min}$ ), которой должен обладать квант энергии света для совершения работы выхода ( $A$ ) электрона.

$$\nu_{min} = \frac{A}{h},$$

где  $h$  – постоянная Планка

СИ: Гц

- *Фотон*  
Фотон — частица света, не существующая в покое и являющаяся эквивалентом кванту, у которой:  
1) энергия ( $E$ ) равна энергии кванта ( $h\nu$ ), выраженной через циклическую частоту ( $\omega$ ):  $E = h \times \nu = \hbar \times \omega$  ( $h$  — постоянная Планка)

2) масса ( $m$ ) определяется скоростью распространения света ( $c$ ):  $m = \frac{h \times \nu}{c^2}$

3) импульс ( $p$ ) обратно пропорционален длине волны

$$(\lambda): p = m \times c = \frac{h}{\lambda} = \frac{h \times \nu}{c}$$

СИ: Дж, кг, (кг×м)/с

- *Постулаты Бора*  
Первый постулат: Атомная система может находиться только в особых стационарных, или квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия ( $E_n$ ); в стационарном состоянии атом не излучает.  
Второй постулат: Излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией ( $E_k$ ) в стационарное состояние с меньшей энергией ( $E_n$ ). Энергия излученного фотона ( $h\nu_{kn}$ )

равна разности энергий стационарных состояний.

$$h \times \nu_{kn} = E_k - E_n$$

СИ: Дж

- *Частота излучения*

Частота излучения при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией ( $E_k$ ) в стационарное состояние с меньшей энергией ( $E_n$ ) равна:

$$\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h}$$

СИ: Гц

### Физика атомного ядра

- *Закон радиоактивного распада*

Закон радиоактивного распада определяет по периоду полураспада ( $T$ ) число нераспавшихся атомов ( $N$ ) из числа радиоактивных атомов в начальный момент времени ( $N_0$ ) через интервал времени ( $t$ ).

$$N = N_0 \times 2^{-\frac{t}{T}}$$

- *Массовое число*

Массовое число ( $A$ ) — сумма числа протонов ( $Z$ ) и нейтронов ( $N$ ) в ядре.

$$A = Z + N$$

- *Масса покоя ядра*

Масса покоя ядра ( $M_{\text{я}}$ ) всегда меньше суммы масс покоя ( $m_p$  и  $m_n$ ) слагающих его протонов ( $Z$ ) и нейтронов ( $N$ ).

$$M_{\text{я}} < Zm_p + Nm_n$$

СИ: кг

- *Дефект масс*

Дефект масс ( $\Delta M$ ) — разность массы покоя ядра ( $M_{\text{я}}$ ) и слагающих его масс ( $m_p$  и  $m_n$ ) протонов ( $Z$ ) и нейтронов ( $N$ ).

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}$$

СИ: кг

- *Энергия связи атомного ядра*

Энергия связи ( $E_{\text{св}}$ ) атомного ядра — энергия, которая необходима для полного расщепления ядра на отдельные нуклоны, равная произведению его дефекта масс ( $\Delta M$ ) на квадрат скорости света ( $c$ ).

$$E_{\text{св}} = \Delta M \times c^2$$

СИ: Дж

- *Удельная энергия связи атомного ядра*

Удельная энергия связи ( $E_{\text{уд}}$ ) атомного ядра — энергия связи атомного ядра ( $E_{\text{св}}$ ) приходящаяся на один нуклон ( $A$ ).

$$E_{\text{уд}} = E_{\text{св}}/A$$

СИ: МэВ/нуклон

- *Поглощенная доза излучения*

Поглощенной дозой излучения ( $D$ ) называют отношение поглощенной энергии ( $E$ ) ионизирующего излучения к массе ( $m$ ) облучаемого вещества.

$$D = \frac{E}{m}$$

СИ: Гр